

No. 50/SKRIPSI/S.TR-TKG/2026

SKRIPSI

**KINERJA LENTUR SLAB MENGGUNAKAN
TULANGAN BAJA DAN TULANGAN GFRP SETELAH
TERPAPAR SUHU TINGGI**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Arief Bima Fajriawan
NIM 2201421050

Pembimbing :

Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T.
NIP. 197303181998022004

Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.
NIP. 199111222019031010

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi Berjudul:

KINERJA LENTUR SLAB MENGGUNAKAN TULANGAN BAJA DAN TULANGAN GFRP SETELAH TERPAPAR SUHU TINGGI yang disusun oleh **Arief Bima Fajriawan (2201421050)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi**

Pembimbing 1

Dr. Anis Rosvidah, S.Pd., S.S.T., M.T.
NIP 197303181998022004

Pembimbing 2

Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si.
NIP 199111222019031010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Berjudul:

KINERJA LENTUR SLAB MENGGUNAKAN TULANGAN BAJA DAN TULANGAN GFRP SETELAH TERPAPAR SUHU TINGGI yang disusun oleh
Arief Bima Fajriawan (2201421050) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di
depan Tim Penguji pada hari Senin tanggal 29 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Tri Widya Swastika, S.T., M.T. NIP 198604292014042001	
Anggota	Drs. Andi Indianto, S.T., M.T. NIP 196109281987031002	

Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta**


Istiatun, S.T., M.T.

NIP. 196605181990102001



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Arief Bima Fajriawan

NIM : 2201421050

Prodi : D4 Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : arief.bima.fajriawan.ts22@mhsw.pnj.ac.id

Judul Naskah : Kinerja Lentur Slab Menggunakan Tulangan Baja dan Tulangan GFRP Setelah Terpapar Suhu Tinggi

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila di kemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jakarta, 17 Juni 2026

Arief Bima Fajriawan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“KINERJA LENTUR SLAB MENGGUNAKAN TULANGAN BAJA DAN TULANGAN GFRP SETELAH TERPAPAR SUHU TINGGI”** dengan baik dan tepat waktu meskipun terdapat berbagai tantangan dan hambatan selama proses penelitian maupun penyusunan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, bimbingan, serta motivasi sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Anis Rosyidah, S.Pd., S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi, khususnya dalam pelaksanaan penelitian.
3. Bapak Jonathan Saputra, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan kepada penulis, khususnya dalam penyusunan dan sistematika penulisan skripsi.
4. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Konstruksi Gedung.
6. PT. Kuria Komposit Teknologi Indonesia yang telah mendukung penulis dalam penyediaan material GFRP yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
7. Kepada seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan staf administrasi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, bantuan, pelayanan, serta dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Nazwa Anatasya dan Sinergi Rizaldi yang telah menemani perjalanan penulis sejak awal penyusunan skripsi. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan kerja sama yang telah diberikan hingga penelitian dan skripsi ini dapat diselesaikan.
9. Teman-teman seperjuangan kelas TKG2 angkatan 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis, memberikan dukungan, kebersamaan, serta berbagai pengalaman berharga selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pelaksanaan pengujian dalam penelitian ini.
11. Kepada diri sendiri, yang telah mengumpulkan keberanian di saat ragu, menjaga harapan di saat lelah, dan terus melangkah hingga skripsi ini dapat diselesaikan. *You made it.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan karya ini di kemudian hari. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pihak-pihak yang berkepentingan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jakarta, 17 Juni 2026

Arief Bima Fajriawan



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Tulangan Baja	7
2.3 Tulangan <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i> (GFRP)	8
2.4 Pengaruh Suhu Tinggi terhadap Beton dan Tulangan	9
2.5 Kapasitas Lentur Slab Beton Bertulang	10
2.6 Pola Retak dan Mode Kegagalan	12
2.7 Defleksi	13
2.8 Daktilitas	13
2.9 Hipotesis Penelitian	14

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Gambaran Umum	15
3.2 Rancangan Penelitian	15
3.3 Objek Penelitian	16
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.4.1 Alat Penelitian	17
3.4.2 Bahan Penelitian	20
3.4.3 Perlengkapan K3	21
3.5 Tahapan Penelitian	22
3.5.1 Identifikasi Masalah	23
3.5.2 Studi Literatur	24
3.5.3 Pengumpulan Data	25
3.5.4 Persiapan Alat dan Bahan	25
3.5.5 Pembuatan Spesimen	25
3.5.6 Perawatan atau Curing Spesimen	26
3.5.7 Pemanasan Benda Uji	26
3.5.8 Pendinginan Benda Uji	27
3.5.9 Pemasangan <i>Strain Gauge</i> dan <i>Grouting</i>	27
3.5.10 Pengujian Pendahuluan	28
3.5.11 Pengujian Kuat Lentur	29
3.5.12 Analisis, Perbandingan, dan Interpretasi Hasil	30
3.6 Luaran	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pembakaran Benda Uji	32
4.1.1 <i>Set up</i> Pembakaran Benda Uji	32
4.1.2 Hubungan Temperatur dan Waktu Pembakaran	33
4.1.3 Kondisi Fisik Beton Setelah Pembakaran	33
4.1.4 Kondisi Tulangan Setelah Pembakaran	34
4.2 Pengujian Pendahuluan	35
4.2.1 Pengujian Tarik Tulangan	36
4.2.2 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	39



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3	Kapasitas Lentur Slab	40
4.3.1	Momen Pada Retak Pertama	40
4.3.2	Momen Pada Kondisi <i>Yield</i>	42
4.3.3	Momen Pada Kondisi Runtuh	43
4.3.4	Perbandingan Kapasitas Lentur dengan Kondisi Normal	46
4.4	Pola Retak dan Mode Kegagalan	48
4.5	Hubungan Beban-Regangan	54
4.6	Daktilitas Slab	60
4.6.1	Hubungan Beban-Defleksi	61
4.6.2	Perhitungan Daktilitas	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		75

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2. 2 Sifat Mekanis Baja Tulangan.....	8
Tabel 2. 3 Perbandingan Karakteristik Tulangan Baja dan Tulangan GFRP.....	9
Tabel 3. 1 Variasi dan Jumlah Spesimen Slab	16
Tabel 3. 2 Alat Penelitian.....	17
Tabel 3. 3 Bahan Penelitian	20
Tabel 3. 4 Perlengkapan K3.....	21
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tarik Tulangan Baja dan GFRP.....	36
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	39
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen pada saat Retak Pertama.....	41
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Perhitungan Momen pada Kondisi Yield Hasil Pengujian ..	43
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Analitis dan Hasil Pengujian	44
Tabel 4. 6 Perbandingan Kapasitas Lentur Slab Bertulangan Baja dan GFRP Sebelum dan Setelah Terpapar Suhu Tinggi	46
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Karakteristik Retak Awal dan Mode Kegagalan Spesimen ..	49
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Regangan Strain Gauge pada Saat Beban Maksimum	59
Tabel 4. 9 Perbandingan Regangan dan Beban Maksimum pada Kondisi Normal dan Setelah Terpapar Suhu Tinggi	59
Tabel 4. 10 Defleksi Pada Slab Bertulangan Baja Setelah Terpapar Suhu Tinggi	61
Tabel 4. 11 Defleksi Pada Slab Bertulangan GFRP Setelah Terpapar Suhu Tinggi ..	62
Tabel 4. 12 Nilai Daktilitas Spesimen Slab Setelah Terpapar Suhu Tinggi.....	65
Tabel 4. 13 Daktilitas Kondisi Normal dan Setelah Terpapar Suhu Tinggi.....	66

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Distribusi Tegangan Regangan Pada Saat Kondisi Ultimit	10
Gambar 2. 2	Jenis Retakan Pada Beton	12
Gambar 2. 3	Kurva Hubungan Beban-Defleksi.....	13
Gambar 3. 1	Hubungan Antar Variabel Penelitian.....	15
Gambar 3. 2	Spesimen Menggunakan Tulangan Baja dan Tulangan GFRP	16
Gambar 3. 3	Dokumentasi Tulangan	17
Gambar 3. 4	Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	23
Gambar 3. 5	Pengecoran Spesimen	26
Gambar 3. 6	Set up Tungku Pembakaran	27
Gambar 3. 7	Datasheet Strain Gauge KYOWA.....	28
Gambar 3. 8	Set up Slab Awal	30
Gambar 4. 1	Set up Pembakaran (a); dan Penempatan Spesimen (b).....	32
Gambar 4. 2	Kurva Hubungan Waktu terhadap Temperatur Pembakaran.....	33
Gambar 4. 3	Kondisi Fisik Spesimen (a); dan Detail Retak Mikro (b) pada Permukaan Beton Setelah Pembakaran.....	34
Gambar 4. 4	Tulangan Baja Sebelum (a); dan Sesudah (b) Proses Pembakaran.....	34
Gambar 4. 5	Tulangan GFRP Sebelum (a); dan Sesudah (b) Proses Pembakaran	35
Gambar 4. 6	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan Baja Ø6.....	37
Gambar 4. 7	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan Baja Ø8.....	38
Gambar 4. 8	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan GFRP Ø6	38
Gambar 4. 9	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan GFRP Ø8	39
Gambar 4. 10	Perbandingan Momen Lentur Slab Bertulangan Baja dan GFRP Setelah Terpapar Suhu Tinggi	45
Gambar 4. 11	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SS1	49
Gambar 4. 12	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SS2.....	50
Gambar 4. 13	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SS3.....	50
Gambar 4. 14	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SG1	51
Gambar 4. 15	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SG2	52
Gambar 4. 16	Pola Retak dan Mode Kegagalan Spesimen SG3	52
Gambar 4. 17	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SS1	54
Gambar 4. 18	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SS2	55

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 19	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SS3	56
Gambar 4. 20	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SG1	56
Gambar 4. 21	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SG2.....	57
Gambar 4. 22	Perilaku Beban-Regangan Strain Gauge Spesimen SG3.....	58
Gambar 4. 23	Defleksi pada Slab Baja (a); Defleksi pada Slab GFRP (b).....	63
Gambar 4. 24	Hubungan Beban-Lendutan Slab Baja Setelah Terpapar Suhu Tinggi	64
Gambar 4. 25	Hubungan Beban-Lendutan Slab GFRP Setelah Terpapar Suhu Tinggi	64





DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Hasil Pengujian Untuk Hubungan Temperatur-Waktu.....	75
LAMPIRAN 2 Rincian Perhitungan Kapasitas Lentur.....	77
LAMPIRAN 3 Hasil Pengujian Untuk Hubungan Beban-Regangan	89
LAMPIRAN 4 Hasil Pengujian Untuk Hubungan Beban-Defleksi	92
LAMPIRAN 5 Dokumentasi Kegiatan.....	95
LAMPIRAN 6 FORM SI-1 (Pernyataan Calon Pembimbing).....	99
LAMPIRAN 7 FORM SI-2 (Lembar Pengesahan).....	102
LAMPIRAN 8 FORM SI-3 (Lembar Asistensi).....	104
LAMPIRAN 9 FORM SI-4 (Persetujuan Pembimbing).....	109
LAMPIRAN 10 FORM SI-5 (Persetujuan Penguji).....	112
LAMPIRAN 11 FORM SI-7 (Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi).....	115

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Slab beton bertulang merupakan salah satu elemen struktural utama pada bangunan gedung yang memikul beban lentur dan menyalurkannya ke elemen penopang seperti balok dan kolom sehingga kinerja lentur slab sangat menentukan keselamatan dan fungsi struktur bangunan (Hassan & Abdullah, 2024).

Paparan suhu tinggi pada peristiwa kebakaran menyebabkan perubahan fisik dan mikrostruktural pada beton termasuk timbulnya retak termal dan *spalling* serta berdampak pada penurunan kekuatan dan kekakuan elemen struktur, sehingga kapasitas dan perilaku lentur pasca-kebakaran menjadi perhatian utama dalam asesmen keselamatan struktur (Gong et al., 2023).

Pada tulangan konvensional (baja), peningkatan temperatur dapat menyebabkan perubahan sifat mekanik material, seperti penurunan modulus elastisitas dan kuat leleh. Perubahan sifat mekanik tersebut mulai memberikan dampak signifikan terhadap perilaku pasca-kebakaran elemen beton bertulang, terutama pada temperatur tinggi yang mendekati atau melebihi 500 °C pada beberapa pengujian eksperimental (Thongchom, Kongwat, et al., 2023).

Tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) merupakan salah satu material alternatif yang mulai dikembangkan sebagai pengganti tulangan baja konvensional pada struktur beton bertulang, dan telah diproduksi oleh beberapa industri, salah satunya adalah PT. Kuria Komposit Teknologi Indonesia. GFRP menawarkan beberapa keunggulan seperti ketahanan terhadap korosi dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Namun, material komposit ini sensitif terhadap paparan suhu tinggi akibat degradasi matriks polimer. Pengujian menunjukkan bahwa sifat tarik GFRP dapat menurun secara signifikan pada temperatur ratusan derajat Celsius, dengan penurunan kekuatan tarik yang dilaporkan mencapai sekitar 50% pada kisaran temperatur 400 °C pada beberapa tipe GFRP (Thongchom, Hu, et al., 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji perilaku elemen beton bertulang setelah paparan suhu tinggi, studi yang secara langsung membandingkan kinerja lentur slab beton bertulang menggunakan tulangan baja dan tulangan GFRP pada skala laboratorium dengan dimensi yang sama serta kondisi pemanasan yang terkontrol

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian dalam pemahaman komparatif mengenai perilaku lentur slab beton bertulang dengan kedua jenis tulangan tersebut pada kondisi pasca-kebakaran. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan perbandingan eksperimental langsung antara slab beton bertulang bertulangan baja dan GFRP setelah terpapar suhu tinggi dengan konfigurasi spesimen dan kondisi pengujian yang setara, sehingga diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai perbedaan respon struktural kedua sistem tulangan tersebut pada kondisi pasca-kebakaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan kapasitas lentur slab bertulangan baja dibandingkan dengan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi?
2. Bagaimana pola retak dan mode kegagalan slab bertulangan baja dibandingkan dengan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi?
3. Bagaimana hubungan beban terhadap regangan tulangan pada slab bertulangan baja dibandingkan dengan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi?
4. Bagaimana hubungan beban terhadap lendutan pada slab bertulangan baja dibandingkan dengan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi?
5. Bagaimana daktilitas slab bertulangan baja dibandingkan dengan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kapasitas lentur slab bertulangan baja dan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.
2. Menganalisis pola retak dan mode kegagalan slab bertulangan baja dan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.
3. Menganalisis hubungan beban terhadap regangan tulangan pada slab bertulangan baja dan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.
4. Menganalisis hubungan beban terhadap lendutan pada slab bertulangan baja dan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Menganalisis daktilitas slab bertulangan baja dan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Beton yang digunakan adalah beton instan dengan mutu $f'c = 25$ MPa.
2. Tulangan GFRP yang digunakan merupakan produk dari PT. Kuria Komposit Teknologi Indonesia.
3. Paparan suhu tinggi dilakukan pada suhu 500°C dengan durasi 120 menit.
4. Data kondisi normal diperoleh dari penelitian sebelumnya dan digunakan sebagai data pembanding.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun berdasarkan pedoman skripsi. Adapun sistematika yang digunakan terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penelitian terdahulu dan landasan teori yang relevan dengan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum penelitian, rancangan penelitian, objek penelitian, tahapan penelitian, penggunaan peraturan, dan luaran penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil pengujian, analisis data, serta pembahasan kinerja lentur slab beton bertulang.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian untuk penelitian selanjutnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilaksanakan, mulai dari tahap persiapan benda uji, pengujian material, pengujian lentur slab, hingga analisis hasil pengujian, diperoleh beberapa kesimpulan yang dapat menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

1. Slab bertulangan baja memiliki kapasitas lentur residual yang lebih baik dibandingkan slab bertulangan GFRP setelah terpapar suhu tinggi 500 °C selama 120 menit. Hal ini ditunjukkan oleh beban ultimit rata-rata sebesar 63,457 kN (momen ultimit 10,576 kNm) pada slab baja, sedangkan slab GFRP hanya mencapai 43,507 kN (momen ultimit 7,251 kNm). Dibandingkan kondisi normal, kapasitas ultimit slab baja menurun 6,73%, sedangkan slab GFRP menurun 48,53%. Perbedaan tersebut sejalan dengan hasil uji tarik yang menunjukkan penurunan kuat tarik tulangan GFRP lebih dari 86% setelah pembakaran, sehingga kemampuan tulangan dalam menahan gaya tarik berkurang secara signifikan.
2. Paparan suhu tinggi tidak mengubah pola umum retak maupun mekanisme kegagalan pada kedua jenis slab. Retak awal tetap terjadi di tengah bentang sebagai daerah momen lentur maksimum dan berkembang menjadi kombinasi retak lentur dan retak diagonal hingga seluruh spesimen mengalami kegagalan lentur-geser. Perbedaannya terletak pada retak dominan menjelang runtuh, yaitu retak diagonal lebih banyak dijumpai pada slab bertulangan baja, sedangkan retak lentur lebih dominan pada slab bertulangan GFRP. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa paparan suhu tinggi memengaruhi mekanisme distribusi gaya tanpa mengubah mekanisme kegagalan utama.
3. Paparan suhu tinggi memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kapasitas beban dibandingkan terhadap regangan tulangan pada kondisi ultimit. Regangan rata-rata tulangan baja tetap sebesar 0,006, sedangkan regangan tulangan GFRP hanya sedikit menurun dari 0,012 menjadi 0,011. Sebaliknya, kapasitas beban maksimum slab baja menurun 6,73%, sedangkan slab GFRP

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menurun 48,53%, sehingga penurunan kinerja struktur lebih dipengaruhi oleh degradasi kapasitas material daripada perubahan regangan ultimit tulangan.

4. Slab bertulangan GFRP mengalami deformasi yang lebih besar dibandingkan slab bertulangan baja setelah paparan suhu tinggi. Defleksi maksimum rata-rata slab GFRP mencapai 22,477 mm, sekitar 69% lebih besar daripada slab baja yang sebesar 13,295 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa kekakuan lentur slab bertulangan GFRP mengalami penurunan yang lebih besar setelah pembakaran. Pada seluruh spesimen, lendutan maksimum tetap terjadi di tengah bentang sesuai dengan lokasi momen lentur terbesar.
5. Paparan suhu tinggi 500 °C selama 120 menit menurunkan daktilitas kedua jenis slab. Daktilitas rata-rata slab baja menurun dari 3,46 menjadi 1,212, sedangkan slab GFRP menurun dari 2,00 menjadi 1,228. Meskipun persentase penurunan daktilitas slab baja lebih besar, nilai tersebut dipengaruhi oleh daktilitas awal yang lebih tinggi. Dengan demikian, setelah pembakaran kedua jenis slab memiliki tingkat daktilitas residual yang relatif setara.

Temuan ini memiliki implikasi praktis bagi industri konstruksi dalam menentukan jenis tulangan yang sesuai dengan kondisi lingkungan struktur, sebagai berikut.

1. Tulangan baja direkomendasikan untuk elemen struktur dengan risiko tinggi terhadap paparan suhu tinggi atau kebakaran karena mampu mempertahankan kapasitas lentur residual yang lebih baik setelah kebakaran.
2. Tulangan GFRP lebih sesuai untuk elemen struktur di lingkungan korosif dengan risiko kebakaran rendah, seperti kawasan pesisir atau fasilitas kimia, sehingga ketahanan korosinya dapat dimanfaatkan secara optimal.
3. Apabila tulangan GFRP digunakan pada struktur yang berpotensi mengalami kebakaran, perlu diterapkan sistem proteksi tahan api atau sistem tulangan *hybrid* (baja–GFRP) untuk meningkatkan kinerja residual struktur setelah paparan suhu tinggi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1. Pengukuran temperatur selama proses pembakaran sebaiknya menggunakan termokopel yang dipasang langsung pada beton sehingga distribusi temperatur pada spesimen dapat diketahui secara lebih akurat.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji pengaruh variasi temperatur dan durasi pembakaran yang berbeda untuk mengetahui batas degradasi material beton, tulangan baja, dan tulangan GFRP secara lebih komprehensif.
3. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan variasi rasio tulangan, dimensi slab, maupun penggunaan kombinasi tulangan baja dan GFRP (*hybrid reinforcement*) guna memperoleh konfigurasi yang lebih optimal terhadap kondisi pasca-kebakaran.
4. Analisis numerik menggunakan perangkat lunak elemen hingga (*finite element analysis*) dapat dilakukan sebagai pembanding hasil eksperimen sehingga perilaku struktur setelah terpapar suhu tinggi dapat dievaluasi secara lebih mendalam.
5. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian atau studi eksperimental pada kondisi lapangan, sehingga perilaku dan kapasitas residual slab setelah paparan suhu tinggi dapat dievaluasi secara lebih representatif terhadap kondisi nyata.

Saran tersebut diharapkan dapat menjadi masukan guna memperoleh hasil penelitian yang lebih akurat dan komprehensif terkait perilaku slab beton bertulangan baja dan GFRP setelah terpapar suhu tinggi.



DAFTAR PUSTAKA

- ACI 440.1R-15. (2015). *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars*.
- Adam, M. A., Erfan, A. M., Habib, F. A., & El-sayed, T. A. (2021). *Structural Behavior of High- Strength Concrete Slabs Reinforced with GFRP Bars*.
- Arce, A., Kapsalis, P., Stefanini, L., Papanicolaou, C. G., & Triantafillou, T. C. (2025). *Residual flexural performance of large-scale ferronickel slag alkali-activated concrete slabs after fire exposure*.
- ASTM C192/C192M-18. (2019). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory* (hal. 1–8). <https://doi.org/10.1520/C0192>
- ASTM C39/C39M-24. (2024). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- ASTM C78/C78M-22. (2022). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading): Vol. i* (hal. 1–5). <https://doi.org/10.1520/C0078>
- ASTM D7205/D7205M-21. (2021). *Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars*.
- Awoyera, P. O., Akin-adeniyi, A., Bahrami, A., & Bendezu, L. M. (2024). Results in Engineering Structural performance of fire-damaged concrete beams retrofitted using bamboo fiber laminates. *Results in Engineering*, 21(November 2023), 101821. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101821>
- Chen, G., Suhail, S. A., Bahrami, A., Su, M., & Azab, M. (2023). *Machine learning-based evaluation of parameters of high-strength concrete and raw material interaction at elevated temperatures*. April, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1187094>
- Elkafrawy, M., Gowrishankar, P., Aswad, N. G., Alashkar, A., & Khalil, A. (2024). *GFRP-Reinforced Concrete Columns : State-of-the-Art , Behavior , and Research Needs*.
- Elsheikh, A., & Alzamili, H. H. (2023). *Post Fire Behavior of Structural Reinforced*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Concrete Member (Slab) Repairing with Various Materials. 9(08), 2012–2031.

Feng, X., Wang, Y., Zha, X., Jiang, B., Xu, Q., & Wang, W. (2025). *Mechanical Response of Two-Way Reinforced Concrete Slabs Under Combined Horizontal and Vertical Loads in Fire.*

Gong, F., Jiang, X., Gamil, Y., & Iftikhar, B. (2023). An overview on spalling behavior , mechanism , residual strength and microstructure of fiber reinforced concrete under high temperatures. *Frontiers, September,* 1–26.
<https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1258195>

Hassan, M., & Abdullah, W. (2024). Journal of Studies in Civil Engineering Behavior of Normal Reinforced Concrete Two-Way Slabs with Openings : A Review. *Journal of Studies in Civil Engineering Review, 1(2),* 50–74.

Kareem, H. M., & Lateef, A. M. (2025). *FLEXURAL BEHAVIOR OF STEEL AND GFRP- REINFORCED LIGHTWEIGHT CONCRETE HOLLOW ONE-WAY SLABS UNDER HIGH TEMPERATURES.* 16(4), 268–287.

Kim, S., & Kim, K. (2021). Prediction of Deflection of Reinforced Concrete Beams Considering Shear Effect. *MDPI.*
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma14216684>

Kim, T., Park, J., Kim, S., & Jung, W. (2021). *Structural Behavior Evaluation of Reinforced Concrete Using the Fiber-Reinforced Polymer Strengthening Method.*

Klak, F. S., Jomaa'h, M. M., & Ahmad, S. (2022). Behavior of Reinforced Concrete Members Exposed to Fire: Review Article. *Tikrit Journal of Engineering Sciences, 29(4),* 56–68.

Meghdadi, Z., Khaloo, A., & Ashour, A. (2025). Residual structural performance of fire-exposed concrete slabs reinforced with hybrid GFRP-steel bars : Experimental and numerical studies. *Structures, 80(April),* 109757.
<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109757>

Murad, Y., Taha, A., Zayed, M., & Almahmood, H. (2025). Results in Engineering Flexural behaviour of one-way slabs with stainless steel and fibre reinforced concrete under elevated temperature. *Results in Engineering, 28(October),*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

107630. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107630>

- Rachman, R. U., Rosyidah, A., Saputra, J., Ketut Sucita, S. I., & Andy, M. (2026). *Flexural Performance of Concrete Slabs Reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer and Steel Bars. 1*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-95-6895-6_12
- Rasheed, M. R., & Mohammed, S. D. (2024). *Structural Behavior of Concrete One-Way Slab with Mixed Reinforcement of Steel and Glass Fiber Polymer Bars under Fire Exposure. 14*(2), 13380–13387.
- Sabeeh, H., Shallal, M. A., & Al-mayyahi, N. A. (2025). *A review of the effect of steel fibers on the shear capacity of concrete beams without shear reinforcement. 13*, 68–77. <https://doi.org/10.52113/3/eng/mjet/2025-13-03-/68->
- Seo, S., Lim, J., & Jeong, S. (2021). Evaluation on the Bond Capacity of the Fire - Protected FRP Bonded to Concrete Under High Temperature. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. <https://doi.org/10.1186/s40069-020-00448-3>
- SNI 1974:2023. (2023). *Metode Uji Untuk Kekuatan Tekan Beton Spesimen Silinder*.
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 4431:2011. (2011). *Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*.
- SNI 8970:2021. (2021). *Panduan Perancangan dan Pelaksanaan Beton Struktural Bertulangan Batang Serat Berpolimer*.
- Thongchom, C., Hu, L., Sanit-in, P. K., Kontoni, D. P. N., Praphaphankul, N., Tiprak, K., & Kongwat, S. (2023). Experimental Investigation on Post-Fire Mechanical Properties. *Polymers*.
- Thongchom, C., Kongwat, S., Jaitrong, J., & Keawsawasvong, S. (2023). Effect of Elevated Temperatures on Mechanical Properties of Spliced and Non-Spliced Steel Reinforcements : Experimental Study. *MDPI*.
- Trevisan, R., Pacheco, F., Christ, R., Ehrenbring, H. Z., Portela, G. M., & Tutikian, B. (2025). *Evaluation of Tensile Strength , Elastic Modulus , Density , and Fiber*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Content of Glass Fiber-Reinforced Polymer Rebars During and After Exposure to High Temperatures.

Xie, F., Tian, W., Li, S., Diez, P., Zlotnik, S., & Gonzalez, A. G. (2025). *Experimental Study on the Structural Performance of Glass- Fiber-Reinforced Concrete Slabs Reinforced with Glass-Fiber- Reinforced Polymer (GFRP) Bars : A Sustainable Alternative to Steel in Challenging Environments.*

Yehia, E. N. (2023). *Behavior of reinforced self-curing concrete slabs exposed to fire.* 51(5), 286–301. <https://doi.org/10.21608/JESAUN.2023.212300.1231>

Zhou, J., Zhou, Y., Guo, M., & Xiang, S. (2025). *Fire Performance of FRP-Composites and Strengthened Concrete Structures : A State-of- the-Art Review. Polymers.*

